Organismo para la Protección del Medio Ambiente (Estados Unidos)

Desechos Sólidos y Respuesta en Situaciones de Emergencia (5102G)

EPA 542-F-96-027
Septiembre de 1996

EPA Guía del ciudadano: Muros de tratamiento

Oficina de Innovaciones Tecnológicas

Ficha tecnológica

¿Qué son los muros de tratamiento?

Los muros de tratamiento son estructuras subterráneas para tratar agua subterránea contaminada en vertederos de desechos peligrosos. Para construir muros de tratamiento, llamados también *muros de tratamiento pasivo* o *barreras permeables*, se hace una zanja gigante a través de un curso de agua subterránea contaminada y se rellena con uno de diversos tipos de materiales (rellenos reactivos) seleccionado minuciosamente por su capacidad para eliminar determinados tipos de contaminantes. Cuando el agua subterránea contaminada pasa por el muro de tratamiento, los contaminantes quedan atrapados en el muro o salen transformados en sustancias inocuas (figura 1).

¿Cómo funcionan?

El relleno reactivo del muro de tratamiento con frecuencia se mezcla con arena u otro material poroso para que sea menos denso que el suelo que lo rodea. De esta forma se encauza el agua para que fluya por el muro al ofrecerle "el trayecto de menor resistencia". En algunos lugares se agrega un sistema de embudos subterráneos para dirigir el agua contaminada hacia el muro.

El relleno que se selecciona para un muro depende de los tipos de contaminantes que haya en el lugar. Cada tipo de relleno actúa por medio de procesos químicos diferentes: *sorción, precipitación* y *degradación.*

Las **barreras de sorción** contienen rellenos que retirancontaminantes del agua subterránea capturándolos físicamente y reteniéndolos en la superficie de la barrera (figura 2a). Algunos ejemplos de estos adsorbentes son las ceolitas, partículas diminutas con forma de jaula que atrapan moléculas de contaminantes en su interior, y el carbón activado, que tiene una superficie muy áspera a la cual se adhieren los contaminantes al pasar.

Las **barreras de precipitación** contienen rellenos que reaccionan con contaminantes del agua subterránea que pasan por el muro (figura 2b). La reacción produce un cambio en los contaminantes disueltos en el agua subterránea: salen del estado de disolución y se precipitan. Estos productos "insolubles" quedan atrapados en la barrera, y el agua subterránea sale limpia del otro lado. Por ejemplo, el plomo es un contaminante común en sitios industriales donde se han reciclado baterías de automóviles sin las debidas precauciones. El ácido de las baterías saturado de plomo que se filtra por el suelo y llega hasta el agua subterránea de estos sitios es difícil de atrapar y tratar. Una barrera de precipitación rellena con piedra caliza erigida a través del curso de agua subterránea acídica contaminada con plomo neutraliza el ácido; en consecuencia, el plomo pasa a estado sólido y queda atrapado en la barrera. El cromo sumamente tóxico (VI), subproducto de las operaciones de revestimiento metálico, se trata con barreras de precipitación en forma similar y se convierte en cromo inmóvil (III), que queda atrapado en la barrera.

Perfil de los muros de tratamiento

- Son sistemas pasivos que no requieren equipo mecánico ni una fuente de energía.
- Permiten usar el sitio mientras se está limpiando.
- Se pueden modificar para tratar distintos tipos de contaminantes.
- Descomponen por completo algunos contaminantes orgánicos.

Impreso en papel reci clado

¿Qué son las técnicas de tratamiento innovadoras?

Las *técnicas de tratamiento* son procesos que se aplican a desechos peligrosos o materiales contaminados para alterar su estado en forma permanente por medios químicos, biológicos o físicos.

Las *técnicas de tratamiento innovadoras* son técnicas que han sido ensayadas, seleccionadas o utilizadas para el tratamiento de desechos peligrosos o materiales contaminados, aunque todavía no se dispone de datos bien documentados sobre su costo y resultados en diversas condiciones de aplicación.

Las barreras de degradación causan reacciones que descomponen o "degradan" los contaminantes del agua subterránea, convirtiéndolos en productos inocuos (figura 2c). Por ejemplo, el relleno de gránulos de hierro degrada ciertos compuestos orgánicos volátiles. Los muros también pueden rellenarse con una mezcla de nutrientes y fuentes de oxígeno que estimulan la actividad de los microorganismos del agua subterránea. Los microorganismos sanos son importantes porque se encargan de la biodegradación de los contaminantes. La biodegradación es el proceso que realizan los microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) para descomponer o degradar sustancias peligrosas en sustancias menos tóxicas o inocuas. Los microorganismos, igual que los seres humanos, comen y digieren sustancias orgánicas para nutrirse y obtener energía. (En términos químicos, compuestos "orgánicos" son los que contienen átomos de carbono e hidrógeno.) Ciertos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas tales como combustibles o solventes, que son peligrosos para los seres humanos. En la ficha tecnológica titulada *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas* se describe el proceso de biodegradación en forma pormenorizada (véase la página 4).

Se han realizado amplias investigaciones y pruebas con respecto al uso de hierro para el tratamiento de contaminantes clorados. Cuando los contaminantes entran en contacto con los gránulos de hierro se produce la reacción química común de oxidación, por la cual el hierro se oxida, que en este caso se aprovecha con un fin beneficioso. Con la oxidación del hierro, se retira del compuesto el componente tóxico del contaminante (generalmente un átomo de cloro). Los gránulos de hierro se disuelven en este proceso, pero el metal desaparece tan lentamente que, según los cálculos de los ingenieros, las barreras correctivas siguen actuando durante varios años e incluso décadas. Estos gránulos del hierro son un derivado de procesos de fabricación, de modo que su

Figura 1. Diagrama de un muro de tratamiento

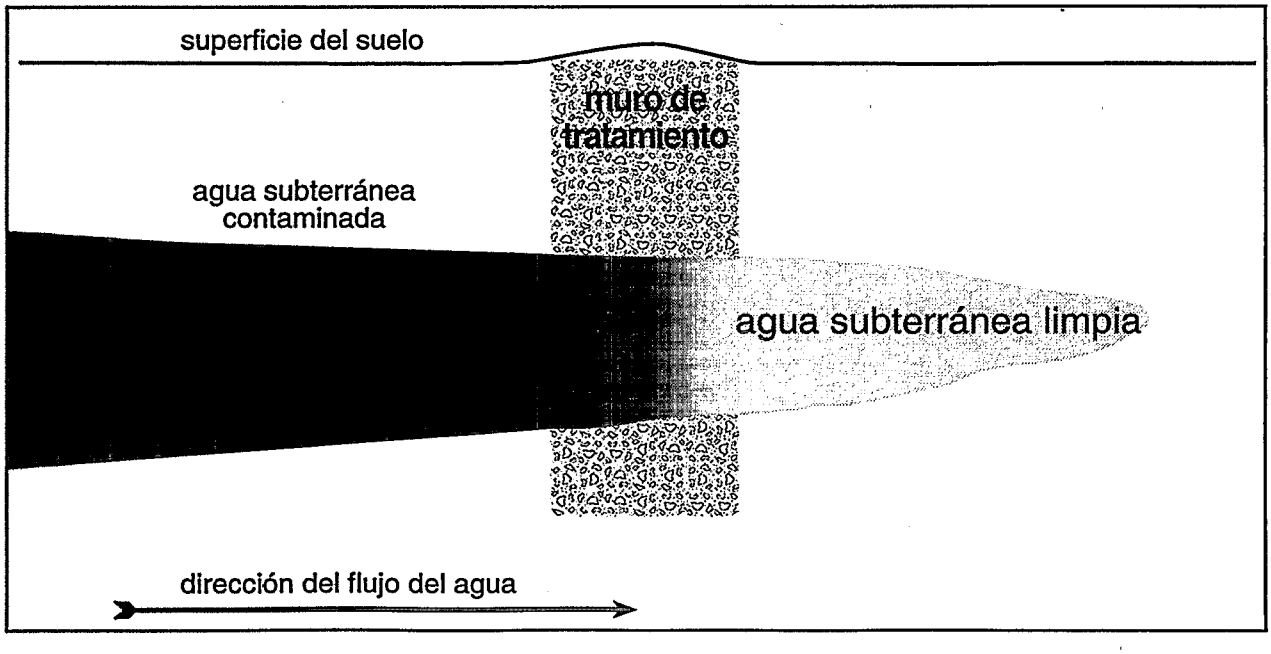
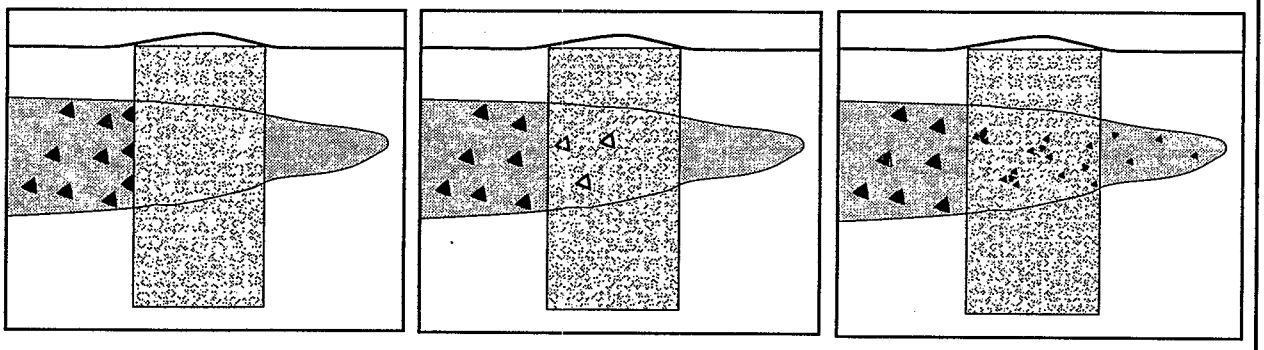


Figura 2. Muros de tratamiento por sorción, precipitación y degradación



2a. SORCIÓN
Se retiran los contaminantes del agua subterránea, sin que sufran ningún cambio, y quedan retenidos en la superficie del muro.

2b. PRECIPITACIÓN
Los contaminantes pasan a estado sólido y permanecen en el muro.

2c. DEGRADACIÓN
Los contaminantes se descomponen en productos inocuos que fluyen por el muro.

uso como material para barreras tiene la ventaja adicional de que permite reciclar este material.

El hierro se puede usar para degradar varios compuestos orgánicos clorados comunes, como tricloroetileno (TCE), tetracloroetileno (PCE), dicloroetano (DCE) y 1,1,1-tricloroetano (TCA). Si se mezcla paladio (otro metal) con los gránulos de hierro, el muro se puede usar para tratar contaminantes que no se pueden tratar con hierro solamente.

¿Por qué conviene usar muros de tratamiento?

La ventaja principal de los muros de tratamiento en comparación con métodos tradicionales tales como el bombeo y tratamiento es que son sistemas pasivos que tratan los contaminantes in situ. No es necesario excavar tierra contaminada o bombear agua contaminada, no tienen piezas que puedan averiarse, no se necesita electricidad y, como no hay que instalar ningún aparato en la superficie, se puede usar el lugar mientras se limpia. Los ingenieros calculan que, usando muros de tratamiento en vez de bombear agua contaminada, se puede ahorrar por lo menos el 50% del costo.

¿Dará resultado esta técnica en cualquier lugar?

El sitio ideal para un muro de tratamiento es un lugar con suelo arenoso poroso, contaminado hasta una profundidad de 15 metros como máximo y una corriente de agua subterránea abundante y constante.

Se calcula que hay alrededor de 5.000 sitios del Ministerio de Defensa, el Ministerio de Energía y el *Superfund* contaminados con solventes clorados, de los cuales entre el 10% y el 20% probablemente tengan características apropiadas para el uso de muros de tratamiento. Los muros de tratamiento también son útiles en los lugares contaminados con metales y contaminantes radiactivos.

Para que el muro de tratamiento dé resultado, es necesario realizar un estudio pormenorizado del medio subterráneo y comprender el contaminante y el flujo del agua.

En estudios de laboratorio se han observado casos de atascamiento. Hasta ahora no se ha observado este problema sobre el terreno, pero los muros fueron construidos hace pocos años.

¿Dónde se ha usado esta técnica?

En un lugar de Sunnyvale (California) donde se fabricaban semiconductores se usaron 220 toneladas de viruta de hierro para rellenar un muro de tratamiento reactivo que ha estado descomponiendo TCE desde diciembre de 1994. El equipo instalado en la superficie, que formaba parte de un sistema de bombeo y tratamiento instalado anteriormente, fue trasladado, y el lugar ha sido arrendado a una compañía que lo usa como estacionamiento. En el cuadro 1 de la página 4 figuran algunos sitios para los cuales se han seleccionado los muros de tratamiento como método de limpieza con recursos del *Superfund.*

Cuadro 1. Algunos sitios donde se planea usar muros de tratamiento con recursos del *Superfund

Nombre del sitio	Tipo de muro/ Relleno	Contaminantes	Uso del sitio
Brown's Battery Breaking Site (Pennsylvania)	Precipitación/ Piedra caliza	Plomo	Reciclaje y eliminación de baterías
Tonolli Corporation (Pennsylvania)	Precipitación/ Piedra caliza	Plomo	Reciclaje y eliminación de baterías
Somersworth Sanitary Landfill (Nueva Hampshire)	Degradación/ Hierro	Orgánicos	Vertedero municipal e industrial

Si desea una lista de los sitios para los cuales se han usado o seleccionado técnicas de tratamiento innovadoras con recursos del Superfund, diríjase al NCEPI, cuya dirección figura en el recuadro a continuación, y solicite un ejemplar del documento titulado ***Innovative Treatment Technologies: Annual Status Report (7th Ed.), EPA 542-R-95-008.*** Hay una base de datos con más información sobre los sitios indicados en el Annual Status Report. La base de datos se puede recibir gratis por computadora; está en la World Wide Web, en el sitio del EPA con información sobre operaciones de limpieza (http://clu-in.com) o en la cartelera electrónica (301-589-8366). El número de teléfono de CLU-IN para ayuda técnica es 301-589-8368. La base de datos también se puede comprar en disquetes. Consulte al NCEPI para más pormenores.

** No todos los tipos de desechos y no todas las condiciones de los sitios son comparables. Es necesario investigar cada sitio y someterlo a pruebas por separado. Se deben emplear criterios científicos y técnicos para determinar si una técnica es apropiada para un sitio.*

Para más información:

Las publicaciones que se indican a continuación pueden obtenerse gratis del NCEPI. Para encargarlas, envíe su pedido por fax al 513-489-8695. Si alguno de estos documentos se ha agotado, puede dirigirse a otras fuentes. Escriba al NCEPI a la siguiente dirección:

National Center for Environmental Publications and Information (NCEPI)
P.O. Box 42419
Cincinnati, OH 45242

- *Guía del ciudadano: Medidas biocorrectivas*, abril de 1996, EPA 542-F-96-023.
- "Metal-Enhanced Abiotic Degradation of VOCs," *Ground Water Currents* (boletín), julio de 1995, EPA 542-N-95-004.
- "Funnel and Gate System Directs Plume," *Ground Water Currents* (boletín), junio de 1993, EPA 542-N-93-006.
- "*In Situ* Degradation of Halogenated Organics by Permeable Reaction Wall", *Ground Water Currents* (boletín), marzo de 1993, EPA 542-N-93-003.
- *Permeable Barriers Action Team*, abril de 1996, EPA 542-F-96-010c.
- *In Situ Remediation Technology Status Report: Treatment Walls*, abril de 1995, EPA 542-K-4-004.
- "Zero-Valent Metals Provide Possible Solution to Groundwater Problems," de Elizabeth K. Wilson, en *Chemical and Engineering News*, 23 de julio de 1995, páginas 19-22.
- "When Toxics Meet Metal," de Virginia Fairweather, en *Civil Engineering*, mayo de 1996, páginas 44-48.

***AVISO:** Esta ficha técnica es solamente una fuente de orientación e información. No es su propósito crear derechos que puedan hacerse valer por vía judicial en Estados Unidos, ni se puede recurrir a esta ficha técnica con ese fin. El EPA también se reserva el derecho de cambiar estas pautas en cualquier momento sin avisar al público.*